

다중 모델 색상 히스토그램 역투영을 이용한 물체 추적 기법

이정호, † 정동석
인하대학교 전자공학과

The Object Tracking Method using Multi-model Color Histogram Back-projection

Jung-ho Lee, † Dong-seok Jeong
Department of Electronic Engineering, INHA University
E-mail : gglee77@nownuri.net, † dsjeong@inha.ac.kr

요약

본 논문은 배경이 고정되지 않은 복잡한 동영상에서의 물체 추적을 위하여 다중 모델 색상 히스토그램 역투영(Multi Model Color Histogram Back-projection) 방법을 제안한다. 색상 히스토그램 역투영(Color Histogram Back-projection)을 이용하던 카메라의 움직임 때문에 발생하는 배경의 변화에 관계없이 물체를 추적할 수 있다.

기존의 방법은 추적하려는 물체에 대해 하나의 모델만을 적용했기 때문에, 배경영역 색분포의 영향을 많이 받는다. 이를 해결하기 위해 다중 모델 색상 히스토그램 역투영 방법을 이용하였다. 이 방법은 추적하려는 물체에 대해 여러 개의 모델을 구하여 각각에 대해 색상 히스토그램 역투영을 수행한다. 또한 역투영 이전 영상에서 물체의 위치를 결정하기 위한 수평, 수직 프로젝션 방법의 문제점을 레이블링(Labeling)을 사용하여 보완하였다.

1. 서론

동영상에서 물체를 추적하기 위해 많은 방법들이 연구되어왔다. 카메라가 고정되어 있는 경우 배경정보를 이용한 좋은 성능의 여러 방법들이 있지만, 카메라가 움직이는 경우 배경정보를 이용하는 방법의 성능은 현저히 낮아진다. 색상 히스토그램 역투영 방법은 카메라의 움직임에 성능의 제약을 받지 않는다.

기존의 색상 히스토그램 역투영 방법의 문제점은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 사람이 직접 추적하려는 물체에서 모델로 사용하기에 가장 적합한 영역을 선정해주어야 한다..

두 번째로 한 개의 모델만을 이용하기 때문에, 주변의 다른 물체나 배경에 비슷한 색이 분포하거나 추적하려는 물체가 비슷한 색의 배경에 겹쳐질 경우 오추적을 하거나 추적에 실패하게 된다.

마지막 문제점은 물체의 위치를 알아내기 위해 역투영 영상의 수평, 수직 프로젝션(Projection)에서 평균을 추출하는 방법이 배경영역에 모델 색상이 많이 분포한 경우나 배경에 비해 추적하려는 물체가 상당히 작은 경우 물체의 위치를 찾아내지 못한다는 것이다.

본 논문에서는 추적하려는 한 물체의 모델을 여러개 선정하여, 각각에 대해 구한 역투영 영상의 정보를 이용하여 물체의 현재 위치를 추적하게 된다.

실험결과, 다중 모델 색상 히스토그램 역투영 방법은 하나의 모델을 이용하였을 때보다 뛰어난 성능을 보였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어 2장에서는 색상 히스토그램 역투영 영상을 구하는 방법에 대해 논한 뒤, 3장에서는 다중 모델 색상 히스토그램 역투영과 레이블링을 이용하여 물체를 추적하는 과정을 설명하였다. 4장에서는 실험한 결과를 보여주고 결론을 맺었다.

2. 색상 히스토그램 역투영 (Color Histogram Back-projection)

2.1 색상 히스토그램 역투영 이전 영상

색상 히스토그램 역투영 이전 영상을 구하려면 먼저 추적할 물체에 대한 모델을 구해야 한다. 모델은 추적하려는 물체 영역의 RGB 색상 히스토그램으로 구해지는데 이때, 히스토그램 값은 백분율(%)로 나타낸다.

역투영 이전 영상은 추적을 수행할 영상과 같은 크기로 구해진다. 역투영 이전 영상을 구하는 수식은 다음과 같이 주어진다.

$$BPI(P) = \text{sgn}(\zeta(P) - 1) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(\zeta) = \begin{cases} 1, & \zeta \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\zeta(P) = \frac{M(P)}{I(P)} \quad (3)$$

$$M(P) = \frac{H_M(f_c(P))}{\sum_C H_M(C)} \times 100 \quad (4)$$

$$I(P) = \frac{H_I(f_c(P))}{\sum_C H_I(C)} \times 100 \quad (5)$$

$H_M(C)$: Model의 Histogram
 $H_I(C)$: Frame의 Histogram
 $f_i(P)$: P 위치의 i color 값
 $i = r$ 또는 g 또는 b
 $f_c(P) = \{f_r(P), f_g(P), f_b(P)\}$

이 식에서 P 는 화소의 위치 (x, y) 이고, C 는 색상 (r, g, b) 이다.

역투영 이전 영상의 한 화소(식 (1))는 그 장면(Frame)의 해당 화소 P 의 색상 $f_c(P)$ 에 대한 모델 히스토그램 값, $M(P)$ (식 (4))과 장면 전체의 히스토그램 값, $I(P)$ (식 (5))의 비율 (식 (3))에 따라 결정된다.

그림 1은 모델과 전체 장면에 대한 $M(P)$ 와 $I(P)$ 를 나타내고 있다.

이 수식이 가지는 의미는 다음과 같다.

모델을 추출한 영역 내에서 가장 많은 부분에 걸쳐있는 색상의 RGB 히스토그램 값(%)은 상당히 크다. 추적할 영상에서 같은 색상의 히스토그램 값(%)은 영상의 전반에 걸쳐 같은 색상이 나타나지 않는 한 상대적으로 작게 된다. 역투영 이전 영상에서 0의 값을 가진 화소(Pixel)는, 추적할 영상에서 같은 곳에 위치한 화소의 색상이 모델에 없는 색상이거나 있다하더라도 그 화소의 색상이 모델 영역보다 영상에 더 많이 존재하는 경우이다.

그림 2에 역투영 이전 영상을 구한 예를 보여주고 있다. 이 그림에서 선정한 모델 영역은 배경에 같은 색상이 거의 없기 때문에 좋은 결과를 보여준다.

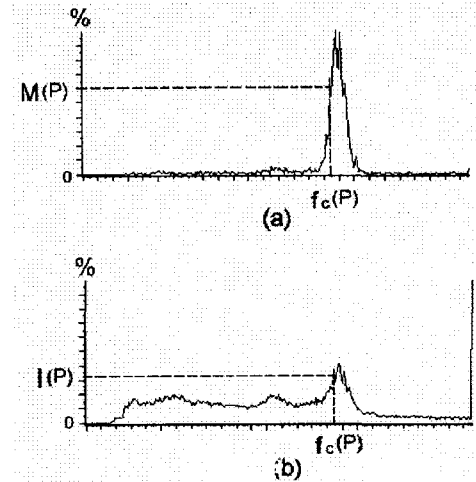


그림 1. P위치의 색상 C에 대한 (a) 모델 히스토그램 값 (b) 장면 전체의 히스토그램 값

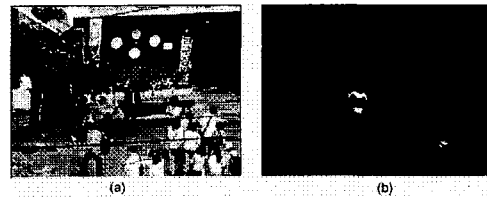


그림 2. (a) 모델 영역(사각형 Box 부분) (b) 색상 히스토그램 역투영 이전영상

2.2 단일 모델을 사용한 경우 문제점

추적을 하려는 물체에 대해 단일 모델을 이용하여 추적하는 경우 여러 가지 문제가 발생한다.

우선 단일 모델로 물체를 대표할 수 있는 영역을 사람의 지각을 이용해서 선정해야한다는 문제가 있다. 기존의 방법은 사람이 눈으로 보고 적절한 모델의 영역을 선택해주었다. 그런 경우 언제나 사람의 지각을 이용해야 하므로 자동 추적 시스템 등에 적용하기 어렵고, 또한 사람이 추적에 참여해야 하므로 영상 추적의 본래 목적과 거리가 있게 된다.

두 번째로 물체가 영상 내에서 모델을 대표하는 색상과 비슷한 색상을 가진 영역으로 이동하게 되면 추적에 문제가 발생한다. 이때 비슷한 색상을 가진 영역의 크기가 작다면 크게 문제되지 않지만, 그 영역이 물체보다 월등히 큰 경우 물체의 위치를 잃어버리게 된다. 그림 3을 보게되면 추적된 물체의 후보 영역이 너무 넓은 것을 알 수 있다.

세 번째 문제는 물체의 위치를 찾는 방법이다. 기

존의 방법은 구해진 역투영 이진 영상의 화소를 수평방향과 수직방향으로 누적시켜서 그 높이가 수평, 수직방향의 평균값보다 큰 부분을 물체의 위치로 선정한다. 그런데 이 방법은 배경영역에 모델 색상이 많이 분포한 경우나 배경에 비해 추적하려는 물체가 월등히 작은 경우 물체의 위치를 찾아내지 못한다.

그림 4를 보면 화살표 부분이 추적될 물체의 위치인데, 수평방향 프로젝션 값이 평균치 이하이기 때문에 물체 위치의 후보로 선정되지 못했다.

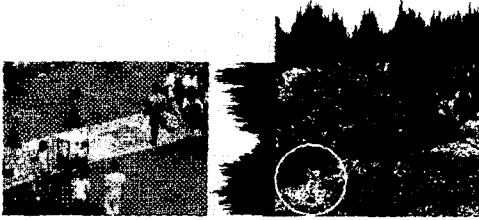


그림 3. 역투영 영상에서 후보 영역이 넓은 경우

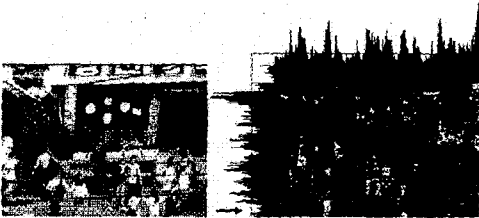


그림 4. 누적된 값이 평균보다 작은 경우

3. 다중 모델 색상 히스토그램 역투영과 레이블링을 이용한 물체 추적

제안하는 방법은 다음과 같은 몇 단계로 구성된다.

1. 추적하고자 하는 물체를 선택하여 그 물체에 대한 색상 히스토그램을 구한다.

단일 모델의 경우는 물체의 특정 영역만을 선택하지만, 다중 모델의 경우에는 물체의 모든 영역에서 모델을 추출한다. 따라서 물체의 영역을 선택할 때 사람의 지각을 이용하지 않고 움직이는 물체의 영역을 찾는 자동 시스템으로 선택할 수 있다.

2. 물체의 히스토그램은 Red, Green, Blue 색상에 대해 구하므로 3차원 RGB 입방(Cubic) 형태로 구해진다. 원래 색상은 256*256*256으로 되어있지만, 본 논문에서는 그 차원을 32*32*32로 줄여주었다. 이것은 모델의 차원을 줄여줌으로 연산량을 줄여주고, 카메라 휘도(Luminance)의 변화에 둔감하게 해준다. 따라서 주위 조명이 변한다 하더라도 안정적으로 추적이 가능하다.

3. 구해진 물체의 히스토그램 입방을 3차원 레이블링을 통해서 여러 개의 블랍(Blob)으로 나눈다. 다중 색상 히스토그램 역투영을 하기 위해서는 물체의 영역에서 여러 개의 모델을 구성해야 한다. 이때 하나의 히스토그램을 여러 개의 모델로 나누는 기준을 정해야 한다. 3차원 RGB 입방을 균일하게 나누어서 나뉜 체적에 대해 모델을 구성하게 되면, 비슷한 색상이 나뉜 체적의 경계에 위치해서 성능이 좋지 않다. 본 논문에서는 3차원 레이블링을 수행하여 서로 붙어있는 블랍을 하나의 모델로 정한다.

전체 히스토그램에 비해 작은 값을 가지는 블랍은 모델로서의 가치가 없다. 그래서 이들 중 블랍 전체의 히스토그램 값이 10%를 초과하는 것들만 모델로 선정하게 된다.

즉, 블랍의 크기에 관계없이 물체에서 넓은 영역을 차지하는 색상이 모델로 선정된다. 그림 5의 경우 4개의 블랍 중 블랍의 히스토그램 값이 큰 Blob 1과 Blob 2만이 모델 영역으로 선정되었다.

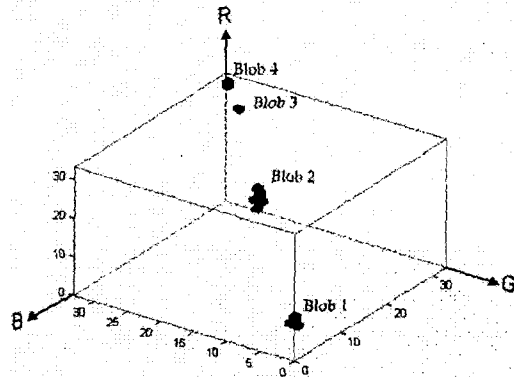


그림 5. 3D 레이블링을 통해 얻은 4개의 블랍 중 2개만이 모델로 선정되었다

4. 추적을 수행할 장면(Frame)에서 3차원 색상 히스토그램을 구하고, 3에서 구한 모델로 추적을 수행할 장면에 대해 각각의 역투영 이진 영상을 구한다. 그림 6은 두 개의 모델을 가지는 물체의 각 모델에 대한 역투영 이진 영상을 구한 결과이다.

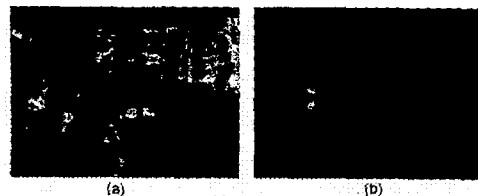


그림 6. (a) 모델1 - 하의, (b) 모델2 - 상의

5. 구해진 역투영 이진 영상에서 2차원 레이블을 구한다. 기존의 방법은 역투영 영상의 X, Y 축에 대한 픽셀의 누적에 의해 물체의 위치를 찾았다. 그러나 이 방법을 이용할 경우 그림 4.에서 보듯이 주변의 비슷한 색상 배치에 따라 물체의 위치가 잘못 추정될 수 있다. 2차원 레이블링을 하게 되면 보다 정확한 위치를 얻을 수 있다.

6. 레이블의 좌표 중 물체의 이전 좌표에서 가까운 순서로 물체가 이동한 후보지로 선정한다. 하나의 물체의 모델이 여러개 있으므로, 각 모델에 대한 후보지의 좌표정보와 물체의 이동 방향정보등을 종합하여 물체의 최종 위치를 판단한다.

7. 4~6번 과정을 반복하며 추적을 수행한다.

4. 실험결과 및 결론

그림 7.과 그림 8.은 물체 추적 결과이다. 두 장면 모두 무작위로 거리의 모습을 촬영한 것이다. 그림의 사각형 부분은 물체의 위치로 추적한 결과이고, 물체의 중심에 대한 궤적을 나타내었다.

본 논문에서 제안한 추적 방법은 결과에서 보는 바와 같이 비슷한 색이 배경영역에 고루 분포하는 경우에도 좋은 성능을 보였다. 또한 물체의 크기가 작거나 주변에 상당히 많은 물체가 움직이는 영상에서도 물체를 잘 추적함을 보여준다. 또한 이 방법은 화면에 대한 물체의 크기에 관계없이 잘 추적하며, 고정되지 않은 카메라에 적용했을 경우에도 유연함을 보여준다.

향후 연구 과제는 추적할 물체를 자동으로 인식하는 시스템과 연계하여 무인 추적시스템을 구현하는 방법에 대하여 연구하는 것이다.

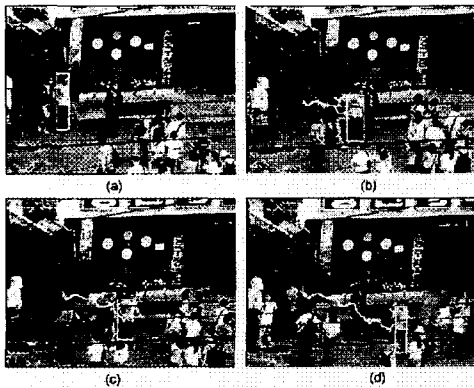


그림 7. 물체 추적 결과 - 1

(a) 첫 번째 프레임 (b) 30번째 프레임
(c) 60번째 프레임 (d) 120번째 프레임

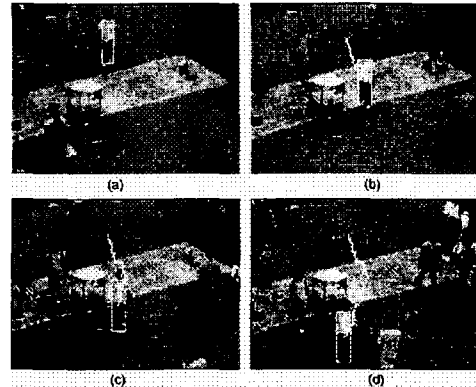


그림 8. 물체 추적 결과 - 2

(a) 첫 번째 프레임 (b) 60번째 프레임
(c) 90번째 프레임 (d) 120번째 프레임

5. 참고 문헌

- [1] Johnson I Agbinya and David Rees, "Multi-Object Tracking in Video", *Real-Time Imaging*, Vol. 5, pp. 295-304, 1999.
- [2] J.K.Aggarwal and Q.Cai, "Human Motion Analysis: A Review", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.73 No.3, pp. 428-440, Mar. 1999.
- [3] Yoshinori Ohno, Jun Miura and Yoshiaki Shirai, "Tracking Players and a Ball in Soccer Games", *Proc. of the 1999 IEEE Int. Conf. on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Taipei, Taiwan, R.O.C.*, pp. 147-152. Aug. 1999.
- [4] Chris Stauffer and W.E.L Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", *Computer Vision and Pattern Recognition 1999(CVPR99)*, Vol. 2, Fort Collins, Colorado, June 1999
- [5] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi and Brian G. Schunck, *Machine Vision*, pp. 44-47, McGraw Hill Book, 1995
- [6] Henry R. Kang, *Color Technology for Electronic Imaging Device*, pp. 3-11, SPIE Optical Engineering Press, 1997.
- [7] Francois Bremond and Monique Phonnat, "Tracking Multiple Nonrigid Objects in Video Sequences", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, pp. 585-591, Sept. 1998.